

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND

MARKENAMT

Offenlegungsschrift

(10) DE 198 24 140 A 1

(51) Int. Cl. 6:

H 04 Q 7/36

H 04 Q 7/22

H 04 B 7/216

(71) Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:

Ball, Carsten, Dr., 76764 RheinZabern, DE; Deinzer, Arnulf, Dipl.-Phys., 81476 München, DE

(56) Entgegenhaltungen:

GB 23 13 264 A
EP 06 81 776 B1
EP 08 47 213 A2

REIß, M.: Drahtlos zum Freizeichen, in: telcom report 18 (1995), Heft 1, S. 34-37;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Zuordnung zumindest eines Wertes zumindest eines Übertragungsparameters zu Zellen einer m Zelle aufweisenden Kommunikationsanordnung

(57) Jeder der m Zellen (Z1...4) einer Kommunikationsanordnung (KA) wird zufällig zumindest ein Wert (c1...7) zumindest eines Übertragungsparameters (C) zugeordnet. Die Anzahl der aktuell zugeordneten, unterschiedlichen Werte (c1...7) und deren Zuordnung zu den jeweiligen Zellen (Z1...4) wird solange variiert, bis die gegenseitige Übertragungstechnische Beeinflussung aller benachbarter Zellen (Z1...4) einen minimalen Gesamtstörwert aufweist. Vorteilhaft wird mit minimalen Aufwand eine zeitoptimierte, kostengünstige und fehlerfreie Planung von insbesondere drahtlosen Kommunikationsnetzen ermöglicht.

$$E = k_1 * f_1 \quad \text{mit: } k_1 = 1000 \\ + k_2 * f_2 \quad \text{ } \quad \quad \quad k_2 = 2000 \\ + k_3 * f_3 \quad \quad \quad \quad \quad \quad k_3 = 1000$$

f1: Anzahl verwendeter CDMA-Codes

f2: Anzahl gleicher CDMA-Codes in benachbarten Zellen

f3: Summe über die Kreuzkorrelationen der CDMA-Codes benachbarter Zellen

Beschreibung

Bei drahtlosen, auf Funkkanälen basierenden Kommunikationsnetzen, insbesondere bei Punkt-zu-Multipunkt Funk-Zubringernetzen – auch als "radio in the local loop" bzw. "RLL" bezeichnet – sind mehrere Netzabschlußeinheiten jeweils über einen oder mehrere Funkkanäle an eine Basisstation – auch als "radio base station" bzw. "RBS" bezeichnet – angeschlossen. Im telcom Report Nr. 18 (1995), Heft 1 "Drahtlos zum Freizeichen", Seite 36, 37 ist beispielsweise ein drahtloses Zubringernetz für die drahtlose Sprach- und Datenkommunikation beschrieben. Das beschriebene Kommunikationssystem stellt einen RLL-Teilnehmeranschluß in Kombination mit moderner Breitband-Infrastruktur – z. B. "fiber to the curb" – dar, welches in kurzer Zeit und ohne großen Aufwand anstelle der Verlegung von drahtgebundenen Anschlußleitungen realisierbar ist. Die den einzelnen Teilnehmern zugeordneten Netzabschlußeinheiten RNT – Radio Network Termination – sind über das Übertragungsmedium "Funkkanal" und die Basisstation RBS an ein übergeordnetes Kommunikationsnetz, beispielsweise an das ISDN-orientierte Festnetz, angeschlossen.

Durch die zunehmende Verbreitung von Multimedia-Anwendungen müssen hochbiträtige Datenströme schnell und sicher über Kommunikationsnetze, insbesondere über drahtlose Kommunikationsnetze bzw. über Mobilfunksysteme übertragen werden. Dafür sind insbesondere seitens der Luftschnittstelle technisch und wirtschaftlich nur aufwendig zu realisierende Verfahren für die Steuerung von Zugriffen auf das Übertragungsmedium, sowie aufwendige Verfahren für Multiplexen, Codierung und Modulation der Signale erforderlich. Beispielsweise werden für die Realisierung der zukünftigen dritten Generation der Mobilkommunikation die aktuell noch getrennten Systeme des zellularen Mobilfunks und der Schnurlosetelefone sowie des Funkrufs zur Sprach- und/oder Datenübertragung in einem universellen Mobilkommunikationssystem – auch als UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) bezeichnet – zusammengefaßt, wodurch ein erweitertes Dienstespektrum und einheitliche Endgeräte ermöglicht werden. Dazu wird ähnlich dem zellularen Mobilfunk ein flächendeckend zu versorgendes Gebiet – beispielsweise Europa – in sich teilweise überlappende Funkzellen unterschiedlicher Größe aufgeteilt – z. B. in Makro-, Micro- und Pico-Zellen –, um mit dem zur Verfügung stehenden Frequenzspektrum den je nach Teilgebiet – z. B. Innenstadt oder ländliche Region – stark unterschiedlichen Bedarf an vermittlungstechnischen und übertragungstechnischen Ressourcen abzudecken. Jeder Funkzelle wird eine Basisstation zugeordnet, welche über das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" mit mehreren dezentralen Kommunikationseinrichtungen wie Mobilstationen oder drahtlosen Netzabschlußeinheiten verbunden ist. Um eine bidirektionale Informationsübermittlung zwischen einer in einer Funkzelle einer drahtlosen Kommunikationsanordnung angeordneten dezentralen Kommunikationseinrichtung und der Basisstation zu ermöglichen, wird jeweils eine Duplex-Verbindung zwischen dezentraler Kommunikationseinrichtung und zentraler Basisstation aufgebaut, wobei das FDD-Verfahren – "Frequency Division Duplex" – oder das TDD-Verfahren – "Time Division Duplex" – als aktuelle Duplex-Verfahren zur bidirektionalen Informationsübermittlung eingesetzt werden. Um den Zugriff der in einer drahtlosen Kommunikationsanordnung angeordneten zentralen und dezentralen Kommunikationseinrichtungen auf das gemeinsam genutzte Übertragungsmedium "Funkkanal" zu steuern, werden Vielfach-Zugriffsverfahren – Multiple Access – wie beispielsweise FDMA – Frequency Division Multiple Access –, TDMA – Time Division

Multiple Access und CDMA – Code Division Multiple Access – eingesetzt. Des weiteren sind auch Kombinationen der genannten Vielfach-Zugriffsverfahren – auch als hybride Verfahren bezeichnet – wie beispielsweise das TD/CDMA-Zugriffsverfahren für den Einsatz in zukünftigen drahtlosen Kommunikationsanordnungen bekannt.

Im Gegensatz zum FDMA- und TDMA-Vielfach-Zugriffsverfahren wird beim CDMA-Vielfach-Zugriffsverfahren der selbe Frequenzbereich von allen in einer Funkzelle bzw. Zelle der drahtlosen Kommunikationsanordnung angeordneten Kommunikationseinrichtungen bzw. Teilnehmern gleichzeitig genutzt. Um die von den einzelnen Kommunikationseinrichtungen ausgesendeten Teilnehmersignale empfängerseitig separierbar zu machen, werden diese spektral gespreizt, d. h. in einem breitbandigen Spektralbereich transformiert. Ein Verfahren zur spektralen Spreizung stellt beispielsweise das in der aktuellen Mobilkommunikation häufig eingesetzte DS-Prinzip "Direct Sequence" dar, bei welchem jedes schmalbandige Teilnehmersignal geringer Bitrate zur spektralen Spreizung mit einer dem Teilnehmer individuell zugeordneten breitbandigen Spreizfunktion, welche auch als CDMA-Code bezeichnet wird, multipliziert wird. Das daraus resultierende breitbandige Signal enthält das schmalbandige Nutzsignal bzw. Teilnehmersignal sowie eine individuelle Feinstruktur, nach welcher das Nutzsignal bzw. Teilnehmersignal von den anderen überlagerten, breitbandigen Sendesignalen empfängerseitig separierbar ist.

Bei der Netzplanung oder Netzerweiterung codeselektiver Funksysteme, d. h. bei der Realisierung drahtloser, zellulärer Kommunikationsnetze mit eingesetztem CDMA-Vielfach-Zugriffsverfahren ist jeder eine Funkzelle realisierenden Basisstation bzw. zentralen Kommunikationseinrichtung ein Basisstation-spezifischer, eine Spreizfunktion repräsentierender CDMA-Code zuzuordnen. Ein einer Basisstation zugeordneter CDMA-Code wird auch als CDMA-Basiscode oder CDMA-Codesnamen bezeichnet, da aus diesen jeweils diejenigen zellspezifischen CDMA-Codes abgeleitet werden, welche den in der jeweiligen Funkzelle angeordneten, dezentralen Kommunikationseinrichtungen beim Verbindungsauflauf zur Realisierung von Funkkanälen zugeordnet werden. Die CDMA-Basiscodes als auch die von den CDMA-Basiscodes abgeleiteten und innerhalb einer Funkzelle für das CDMA-Vielfachzugriffsverfahren eingesetzten CDMA-Codes können sowohl orthogonale als auch nichtorthogonale CDMA-Codes repräsentieren, wobei orthogonale CDMA-Codes unabhängig voneinander sind – d. h. der Wert der Kreuzkorrelation zweier orthogonaler CDMA-Codes weist den Wert 0 auf –; nichtorthogonale CDMA-Codes weisen eine vom Wert 0 leicht abweichende Kreuzkorrelation auf.

Bei der Realisierung oder der Erweiterung von drahtlosen, zellulären Kommunikationsnetzen basierend auf einem CDMA-Vielfachzugriffsverfahren müssen die nur im beschränkten Umfang zur Verfügung stehenden CDMA-Basiscodes auf die in den Funkzellen angeordneten Basisstationen verteilt bzw. den einzelnen Funkzellen der drahtlosen Kommunikationseinrichtung zugeordnet werden.

Aus der Europäischen Patentschrift 0 681 776 ist beispielsweise ein Verfahren zur Zuweisung von jeweils Werte eines Übertragungsparameters repräsentierenden Frequenzen zu Basisstationen eines Mobilfunknetzes beschrieben, bei dem von Eingangsinformationen ausgegangen wird, die mindestens die Anzahl der für jeweils eine Basisstation erforderlichen Frequenzen, die im Mobilfunknetz zulässigen Frequenzen und Informationen zu möglichen Störwirkungen zwischen den Basisstationen im Fall zugeordneter, gleicher und/oder benachbarter Frequenzen umfassen. Im Rahmen mehrfach zu durchlaufender Frequenzzuweisungs-

durchläufe wird jeweils eine Basisstation aus der Menge derjenigen Basisstationen ausgewählt, der noch nicht alle vorgesehenen Frequenzen zugewiesen worden sind, wobei die Basisstation nach einem ersten Basisstations-Auswahlkriterium und erforderlichenfalls weiterer Basisstation-Auswahlkriterien ausgewählt wird. In Abhängigkeit von der ausgewählten Basisstation wird eine Frequenz nach einem ersten Frequenz-Auswahlkriterium und erforderlichenfalls weiteren Frequenz-Auswahlkriterien ausgewählt und anschließend der ausgewählten Basisstation zugewiesen. Die Frequenzzuweisungsdurchläufe werden solange wiederholt, bis allen Basisstationen unter Berücksichtigung aller Nebenbedingungen wie Basisstation- und Frequenz-Auswahlkriterien die erforderliche Anzahl von Frequenzen zugeordnet sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Realisierung bzw. Planung von drahtlosen Kommunikationsnetzen, insbesondere von zellularen, auf einem CDMA-Vielfach-Zugriffsverfahren basierenden Kommunikationsnetzen sowie die Realisierung von Erweiterungen derartiger Kommunikationsnetze zu verbessern. Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der wesentliche Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Zuordnung zumindest eines Wertes zumindest eines Übertragungsparameters zu Zellen einer m-Zellen aufweisenden Kommunikationsanordnung, wobei n-unterschiedliche Werte des zumindest eines Übertragungsparameters verfügbar sind, besteht darin, daß benachbarte Zellen erfaßt werden und jeder Zelle jeweils zufällig zumindest ein Wert des zumindest einen Übertragungsparameters zugeordnet wird. Für jeweils benachbarte Zellen wird jeweils ein die gegenseitige übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten Werte des zumindest eine Übertragungsparameters repräsentierender Störwert ermittelt und anschließend ein die Summe aller Störwerte repräsentierender Gesamtstörwert ermittelt. Die Anzahl der unterschiedlichen Werte des zumindest einen Übertragungsparameter und deren Zuordnung zu den jeweiligen Zellen wird solange variiert, bis ein minimaler Gesamtstörwert erreicht ist.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß mit minimalen wirtschaftlichen und technischen Aufwand eine sehr schnelle Zuordnung von Werten zumindest eines Übertragungsparameters zu Zellen einer Kommunikationsanordnung erreicht wird, wobei vorteilhaft keine Nebenbedingungen bzw. Auswahlkriterien vorab zu bestimmen und auszuwerten sind. Vorteilhaft sind keine planerischen Überlegungen und eine anschließende Weiterverarbeitung der dokumentarisch festgehaltenen Überlegungen erforderlich, so daß mit einfachen Mitteln eine zeiotimierte und kostengünstige Planung von Kommunikationsanordnungen, insbesondere drahtloser, zellularer Kommunikationsnetze erreicht wird. Weiterhin wird durch das erfindungsgemäße Verfahren die Wahrscheinlichkeit fehlerhafter Zuweisungen von Werten eines Übertragungsparameters zu den Zellen der Kommunikationsanordnung minimiert, wodurch vorteilhaft die Funktionalität und Betriebssicherheit der zu realisierenden Kommunikationsanordnung verbessert wird. Durch das erfindungsgemäße Verfahren können auch Werte mehrerer Übertragungsparameter zu den Zellen der Kommunikationsanordnung zugeordnet werden.

Ein zusätzlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß zusätzlich für jeweils nicht benachbarte Zellen jeweils ein die gegenseitige übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten Werte des zumindest einen Übertragungsparameters repräsentierender weiterer Störwert ermittelt wird und anschließend der die Summe aller Störwerte repräsentierende Gesamtstörwert

aus der gewichtbaren Summe aller Störwert und der weiteren Störwerte gebildet wird – Anspruch 2. Bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung werden bei der Zuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung zusätzlich auch die gegenseitige übertragungstechnische Beeinflussung bzw. Störung von nicht benachbarten Zellen berücksichtigt, wodurch die Zuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung weiter verbessert bzw. optimiert und somit die Störanfälligkeit der gesamten Kommunikationsanordnung weiter minimiert wird.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt bei Hinzufügen zumindest einer weiteren Zelle zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung die Zuordnung zumindest eines Wertes des zumindest einen Übertragungsparameters derart, daß die den m-Zellen bereits zugeordneten Werte des zumindest einen Übertragungsparameter zugeordnet bleiben. Die Anzahl der insgesamt den m-Zellen und der zumindest einen hinzugefügten Zelle zugeordneten, unterschiedlichen Werte des zumindest einen Übertragungsparameters und die Zuordnung zumindest eines Wertes zu der zumindest einen-hinzugefügten Zelle wird solange variiert, bis ein minimaler Gesamtstörwert erreicht wird – Anspruch 3. Durch diese vorteilhafte Weiterbildung ist das erfindungsgemäße Verfahren sowohl bei der Planung eines Netzaufbaus – d. h. einer Erstzuweisung eines Wertes zumindest eines Übertragungsparameters zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung – als auch bei einer geplanten Netzerweiterung – d. h. bei einem Hinzufügen zumindest einer weiteren Zelle zu den bereits bestehenden m-Zellen der Kommunikationsanordnung – vorteilhaft einsetzbar.

Vorteilhaft wird die Anzahl der Werte des zumindest einen Übertragungsparameters und deren Zuordnung zu den jeweiligen Zellen mit Hilfe einer iterativen Optimierung variiert, wobei die Summe aller Störwerte eine ein gewichtbare Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente einer Zielfunktion darstellt. Im Rahmen der iterativen Optimierung wird das gewichtbare Optimierungsziel der Zielfunktion derart optimiert, daß die Summe aller Störwerte einen minimalen Gesamtstörwert und die Zielfunktion einen optimalen oder minimalen Funktionswert erreicht – Anspruch 4. Bei der iterativen Optimierung können vorteilhaft bekannte und ausgereifte Optimierungsstrategien für die Zuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung eingesetzt werden. Beispiel für iterative Optimierungen realisierende Optimierungsstrategien sind "Simulated Annealing", genetische Algorithmen oder auch neuronale Netze (Hopfield-Netze) – Anspruch 12. Iterative Optimierungen werden beispielsweise standardmäßig bei kombinatorischen Optimierungsproblemen im Layout-Entwurf integrierter Schaltungen angewendet und werden durch das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft bei der Planung und Erweiterung von Kommunikationsnetzen eingesetzt. Derartige Algorithmen zur Realisierung von Optimierungsstrategien sind beispielsweise in den folgenden Druckschriften beschrieben:

- "Adaption in natural and artificial systems", J.H. Holland, second printing, MIT-Press, Cambridge, 1992,
- "Genetic algorithms in search, optimization and machine learning", D.E. Goldberg, Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1989.

C.D. Gelatt, M.P. Vecchi, Science, Vol. 220, No. 4598, 1983.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung weist die Zielfunktion eine weitere, ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente auf, durch welche die Anzahl von allen Zellen aktuell zugeordneten, unterschiedlichen Werten des zumindest einen Übertragungsparameters erfaßt wird. Weiterhin kann die Zielfunktion eine weitere, ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente aufweisen, durch welche die Anzahl von jeweils benachbarten Zellen aktuell zugeordneten, gleichen Werten des zumindest einen Übertragungsparameters erfaßt wird. Anschließend werden im Rahmen der iterativen Optimierung die gewichtbaren Optimierungsziele derart gewichtet und die Zielfunktion derart optimiert, daß den Zellen eine minimale Anzahl unterschiedlicher Werte des zumindest einen Übertragungsparameters zugeordnet werden und/oder benachbarte Zellen nach Möglichkeit keine gleichen Werte des zumindest einen Übertragungsparameter aufweisen – Anspruch 5. Durch das Erweitern der Zielfunktion durch weitere, jeweils ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente wird die Zuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung verbessert bzw. wird eine Verfeinerung der Optimierungsstrategie erreicht, da vorteilhaft weitere Übertragungstechnische Nebenbedingungen bei der Planung und Erweiterung von Kommunikationsnetzen berücksichtigt werden können. Durch eine geeignete Gewichtung der einzelnen Funktionskomponenten der Zielfunktion erfolgt im Rahmen der iterativen Optimierung die Zuordnung von Werten des zumindest einen Parameter vorteilhaft in der Art und Weise, daß die Anzahl der allen Zellen aktuell zugeordneten, unterschiedlichen Werte des zumindest einen Übertragungsparameters minimal ist und gleichzeitig benachbarten Zellen keine gleichen Werte des zumindest eines Übertragungsparameters zugeordnet werden. Dadurch wird eine optimale Zuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters zu den m-Zellen der Kommunikationsanordnung, d. h. eine minimale gegenseitige Störung von benachbarten Werten des zumindest einen Übertragungsparameters und somit eine minimale Störanfälligkeit bei der Nutzung der Kommunikationsanordnung erreicht.

Zumindest ein Wert des zumindest einen Übertragungsparameters wird beispielsweise einer in einer Zelle angeordneten, zentralen Kommunikationseinrichtung zugeordnet – Anspruch 6. Die zentrale Kommunikationseinrichtung kann beispielsweise durch eine in einer Funkzelle eines Mobilfunk-Kommunikationsnetzes angeordnete Basisstation realisiert sein.

Der jeweils einer Zelle zuordenbare Wert des zumindest einen Übertragungsparameters kann beispielsweise eine Übertragungsfrequenz oder einen Übertragungsfrequenzbereich – Anspruch 7 – oder einen im Rahmen eines CDMA-Vielfach-Zugriffsverfahrens nutzbaren, orthogonalen oder nicht orthogonalen CDMA-Code – Anspruch 8 – repräsentieren. Vorteilhaft ist das erfundengemäße Verfahren sowohl bei der Netzwerkplanung bzw. Erstinitialisierung als auch bei einer Kommunikationsnetzerweiterung von drahtlosen Kommunikationsnetzen einsetzbar, wobei beispielsweise auf besonders einfache und kostengünstige Weise einer in der drahtlosen Kommunikationsanordnung angeordnete Zelle ein oder mehrere Übertragungsfrequenzen bzw. Übertragungsfrequenzbereiche zuordenbar sind. Beispielsweise ist das erfundengemäße Verfahren bei der Planung bzw. Konzipierung von Mobil-Kommunikationssystemen, insbesondere von Mobil-Kommunikationssystemen gemäß dem UMTS-Standard oder von drahtlosen Teilnehmerzugangsnetzen basierend auf einem CDMA-Vielfachzugriffs-

verfahren einsetzbar, wobei auf sehr einfache und kostengünstige Weise orthogonale oder nicht orthogonale CDMA-Codes bzw. CDMA-Basiscodes zu Basisstationen zuordnbar sind.

- 5 Weiterhin wird für die Ermittlung der jeweils die gegenseitige Übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten CDMA-Codes repräsentierenden Störwerte jeweils die Kreuzkorrelation der aktuell zugeordneten CDMA-Codes ermittelt, wobei der Gesamtstörwert die
- 10 Summe aller ermittelten Kreuzkorrelationen repräsentiert – Anspruch 9. Durch die Berechnung der Kreuzkorrelation benachbarter CDMA-Codes wird auf sehr einfache Weise die jeweilige Übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten CDMA-Codes ermittelt, wodurch die
- 15 Realisierung des erfundengemäßen Verfahrens weiter vereinfacht wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung, werden den zentralen Kommunikationseinheiten orthogonale und/oder pseudo-random CDMA-Codes zugeordnet, wobei aus den zugeordneten CDMA-Codes weitere Kommunikationseinheit-spezifische Codes abgeleitet werden – Anspruch 13. Durch das Ableiten von Kommunikationseinheit-spezifische Codes aus den "optimal" zugeordneten CDMA-Codes bzw. CDMA-Basiscodes wird eine minimale, interzellulare Störung zwischen den Zellen der Kommunikationsanordnung erreicht.

- 20 Vorteilhaft wird die Zuordnung des zumindest einen Wertes des zumindest einen Übertragungsparameters programmtechnisch realisiert – Anspruch 15. Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung wird eine automatische und zeitoptimierte Zuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters ermöglicht, wobei die resultierenden Ergebnisse in einem allgemein lesbaren Datenformat speicherbar sind und somit durch weitere die Netzplanung unterstützende Computerprogramme weiterverarbeitet werden können.
- 25

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfundengemäßen Verfahrens sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

- 30
- 35
- 40 Im folgenden wird das erfundengemäße Verfahren anhand mehrerer Zeichnungen genauer erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1A und Fig. 1B eine ein Netzplanungsergebnis repräsentierende zellulare Anordnung einer drahtlosen Kommunikationsanordnung bzw. eines Kommunikationsnetzes in einem Versorgungsgebiet,

- 45
- 50
- 55
- Fig. 2A und Fig. 2B eine Kreuzkorrelationsmatrix basierend auf nichtorthogonalen, den Zellen der drahtlosen Kommunikationsanordnung zuzuordnenden CDMA-Codes, sowie eine Zielfunktion, welche im Rahmen des erfundengemäßen Verfahrens derart optimiert wird, daß eine optimale Zuordnung, d. h. eine Zuordnung mit geringster Übertragungstechnischer Beeinflussung der zur Verfügung stehenden CDMA-Codes zu den einzelnen Zellen der Kommunikationsanordnung erreicht wird,

Fig. 3A bis Fig. 3C ein erstes Ergebnis einer im Rahmen des erfundengemäßen Verfahrens erfolgten initialen Erstzuweisung der zur Verfügung stehenden CDMA-Codes zu den Zellen der Kommunikationsanordnung sowie ein das Ergebnis der Zielfunktion repräsentierenden Startwert, basierend auf der initialen Erstzuweisung von CDMA-Codes, wobei zusätzlich die jeweils ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierenden Funktionskomponenten der Zielfunktion dargestellt sind,

- 60
- 65
- Fig. 4 einen prinzipiellen Ablauf eines kombinatorischen Optimierungsalgorithmus – "Simulated Annealing" –, dessen innere Schleife iterativ wiederholt wird,

Fig. 5A bis Fig. 5C ein das Ergebnis des erfundengemä-

ßen Verfahrens repräsentierendes, endgültiges Zuordnungs-ergebnis von CDMA-Codes zu den Zellen bzw. Basisstationen des Kommunikationsnetzes, sowie das Endergebnis der Zielfunktionen, basierend auf der endgültigen Zuordnung der CDMA-Codes zu den Zellen des Kommunikationsnetzes.

In Fig. 1A ist eine in einem Versorgungsgebiet angeordnete Kommunikationsanordnung KA dargestellt, welche in diesem Ausführungsbeispiel ein drahtloses Kommunikationsnetz basierend auf einem CDMA-Vielfach-Zugriffsverfahren repräsentiert – z. B. ein Wireless Local Loop System "WLL" basierend auf einer CDMA-Technologie. Als Ergebnis einer bereits erfolgten und nicht näher erläuterten Netzplanung, ist das drahtlose Kommunikationsnetz beispielsweise abhängig von den Geländeeigenschaften des Versorgungsgebietes in 4 Funkzellen bzw. Zellen Z1 . . . 4 unterteilt, wobei in diesem Ausführungsbeispiel in jeder Zelle Z1 . . . 4 eine zentrale Kommunikationseinrichtung bzw. Basisstation BS1 . . . 4 mit beispielsweise integrierten Rundstrahlern angeordnet ist. Die Abmessungen und die jeweilige Anordnung der einzelnen Zellen Z1 . . . 4 sowie die Platzierung einer Basisstation BS1 . . . 4 innerhalb einer Zelle Z1 . . . 4 ist durch das Ergebnis der bereits erfolgten Netzplanung genau definiert und in Fig. 1A dargestellt. Die Topologie des in Fig. 1A dargestellten, drahtlosen Kommunikationsnetzes KN bzw. die Anordnung der einzelnen Zellen Z1 . . . 4 des Kommunikationsnetzes KN wird in einen in Fig. 1B dargestellten Nachbarschaftsgraphen G abgebildet, wobei jede Basisstation BS1 . . . 4 genau einem Knoten K1 . . . 4 des Nachbarschaftsgraphen G entspricht. Jede jeweils zwei Knoten K1 . . . 4 verbindende Kante des Nachbarschaftsgraphen G repräsentiert jeweils zwei benachbarte Zellen Z1 . . . 4 bzw. Basisstationen BS1 . . . 4, welche zumindest teilweise einen gemeinsamen Grenzverlauf aufweisen. Gemäß Fig. 1B ist beispielsweise der erste und der vierte Knoten K1,4 durch eine Kante verbunden wodurch die erste und die vierte Basisstation BS1,4 als benachbart gekennzeichnet sind. In Fig. 1A ist entsprechend der gemeinsame Grenzverlauf zwischen der ersten und der vierten Zelle Z1,4 ersichtlich. Des weiteren ist nach Fig. 1B die erste und zweite Basisstation BS1,2 sowie die zweite und vierte Basisstation BS2,4 sowie die zweite und dritte Basisstation BS2,3 als benachbart gekennzeichnet. Zwischen dem ersten und dem dritten Knoten K1,3 ist keine Kante im Nachbarschaftsgraphen G angeordnet, da die erste und dritte Zelle Z1,3 des drahtlosen Kommunikationsnetzes KA keinen gemeinsamen Grenzverlauf aufweisen – vgl. Fig. 1A.

Um einen optimalen, d. h. einen störungsfreien Betrieb des nach einem CDMA-Vielfach-Zugriffsverfahren konzipierten Kommunikationsnetzes KA zu ermöglichen, muß jeder innerhalb einer Zelle Z1 . . . 4 des CDMA-Kommunikationsnetzes KA angeordneten Basisstation BS1 . . . 4 ein oder mehrere Basisstation-spezifische CDMA-Codes bzw. CDMA-Basiscodes c1 . . . 7 – siehe Fig. 2A – zugeordnet werden, wobei eine gegenseitige Beeinflussung bzw. Störung von benachbarten Zellen Z1 . . . 4 zugeordneten CDMA-Codes c1 . . . 7 möglichst zu vermeiden bzw. zu minimieren ist. Im folgenden wird beispielhaft die Zuordnung genau eines CDMA-Codes c1 . . . 7 zu einer Basisstation BS1 . . . 4 beschrieben. Die Zuordnung von CDMA-Codes c1 . . . 7 zu den Zellen Z1 . . . 4 des CDMA-Kommunikationsnetzes KA muß in der Art und Weise erfolgen, daß der die gegenseitige Störung von CDMA-Codes c1 . . . 7 repräsentierende Wert interzellularen Rauschens minimal ist. Für die Konfiguration des in Fig. 1A dargestellten CDMA-Kommunikationsnetzes KN stehen in diesem Ausführungsbeispiel 7 globale, nichtorthogonale CDMA-Codes C1 . . . 7 zur Verfügung, welche zumindest teilweise im Rahmen ei-

ner initialen Codezuweisung, d. h. bei einer den Netzaufbau repräsentierenden Erstzuweisung von CDMA-Codes c1 . . . 7 optimal auf die im CDMA-Kommunikationsnetz KA angeordneten Basisstationen BS1 . . . 4 verteilt werden sollen.

- 5 In Fig. 2A ist die zur Hauptdiagonalen symmetrische Kreuzkorrelationsmatrix KC der in diesem Ausführungsbeispiel zuzuordnenden CDMA-Codes c1 . . . 7 dargestellt, wobei jeder in der Kreuzkorrelationsmatrix KC dargestellte Kreuzkorrelationswert kc1_1 . . . kc7_7 jeweils die gegenseitige Beeinflussung bzw. Abhängigkeit oder Störung zwischen zwei CDMA-Codes c1 . . . 7 repräsentiert. Die an der Hauptdiagonalen der Kreuzkorrelationsmatrix KC angeordneten Werte kc1_1, kc2_2, . . . , kc7_7 weisen jeweils den Wert 1 auf, da jeweils identische CDMA-Codes c1 . . . 7 15 eine maximale Abhängigkeit bzw. Korrelation aufweisen. Da in diesem Ausführungsbeispiel sowohl orthogonale als auch nichtorthogonale CDMA-Codes c1 . . . 7 den einzelnen Zellen Z1 . . . 4 des CDMA-Kommunikationsnetzes KA zuzuordnen sind, weisen zum Teil auch die nicht an der Hauptdiagonalen der Kreuzkorrelationsmatrix KC angeordneten Korrelationswerte einen von 0 abweichenden Wert auf. Beispielsweise weisen nach Fig. 2A der erste und der fünfte CDMA-Code c1,5 keine Abhängigkeiten auf – d. h. der erste und fünfte CDMA-Code c1,5 sind zueinander orthogonal –, folglich weist der entsprechende Wert kc1_5 in der Kreuzkorrelationsmatrix KC den Wert 0 auf.

Erfindungsgemäß erfolgt die Zuordnung der zur Verfügung stehenden CDMA-Codes c1 . . . 7 zu den jeweiligen Zellen Z1 . . . 4 des CDMA-Kommunikationsnetzes KA mit Hilfe einer zu optimierenden Zielfunktion E, welche in Fig. 2B dargestellt ist. In diesem Ausführungsbeispiel weist die Zielfunktion E drei jeweils ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponenten f1 . . . 3 auf, welche im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Hilfe eines kombinatorischen Optimierungsalgorithmus jeweils iterativ verbessert werden und somit die Zielfunktion E insgesamt optimiert wird. Mit der ersten mit einem ersten Gewichtungsfaktor k1 gewichteten Funktionskomponente f1 wird die Anzahl der bei einem Zuordnungsschritt den Zellen Z1 . . . 4 zugeordneten, unterschiedlichen CDMA-Codes c1 . . . 7 erfaßt. Des weiteren wird durch eine mit einem zweiten Gewichtungsfaktor k2 gewichteten Funktionskomponente f2 der Zielfunktion E die Anzahl gleicher, zugeordneter CDMA-Codes c1 . . . 7 in benachbarten Zellen Z1 . . . 4 bestimmt sowie durch eine mit einem dritten Gewichtungsfaktor k3 gewichteten Funktionskomponente f3 der Zielfunktion E die Summe aus denjenigen Kreuzkorrelationswerten c1_1 . . . c7_7 von zugeordneten CDMA-Codes c1 . . . 7 gebildet, welche in benachbarten Zellen Z1 . . . 4 des CDMA-Kommunikationsnetzes KA angeordnet sind. Nach Fig. 2B weist der erste Gewichtungsfaktor k1 den Wert k1 = 1000, der zweite Gewichtungsfaktor k2 den Wert k2 = 2000 sowie der dritte Gewichtungsfaktor k3 den Wert k3 = 1000 auf.

- 55 Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt beim als initialen Zuordnung bezeichneten ersten Zuordnungsschritt eine zufällige Zuordnung der zur Verfügung stehenden CDMA-Codes c1 . . . 7 zu den Zellen Z1 . . . 4 bzw. Basisstationen BS1 . . . 4 des CDMA-Kommunikationsnetzes KA. Die zufällige Zuordnung der CDMA-Codes c1 . . . 7 kann beispielsweise nach einem Würfelverfahren erfolgen. In Fig. 3A und Fig. 3B ist das Ergebnis der initialen Zuordnung von CDMA-Codes c1 . . . 7 zu den Basisstationen BS1 . . . 4 des Kommunikationsnetzes KA, bzw. zu den Knoten K1 . . . 4 des Nachbarschaftsgraphen G dargestellt. Nach dem ersten, initialen Zuordnungsschritt ist der ersten Basisstation BS1 der fünfte CDMA-Code c5, der zweiten Basisstation BS2 der sechste CDMA-Code c6, der dritten Basis-

station BS3 der zweite CDMA-Code c2 und der vierten Basisstation BS4 ebenfalls der zweite CDMA-Code c2 zugeordnet. In Fig. 3C ist selbsterläuternd das Ergebnis der Zielfunktion E, basierend auf der in Fig. 3A dargestellten, initialen Zuordnung der CDMA-Codes c2,5,6 dargestellt, wobei das Zustandekommen der Ergebnisse der einzelnen Funktionskomponenten f1 ... 3 genauer dargestellt ist. Der Wert der in Fig. 3C dargestellten Zielfunktion E basierend auf der initialen Zuordnung stellt erfahrungsgemäß den Startwert der Zielfunktion E=6260 dar, wobei die Zielfunktion und somit der Startwert im Rahmen des erfahrungsgemäßen Verfahrens mit Hilfe des als "Simulated Annealing" bezeichneten, kombinatorischen Optimierungsalgorithmus iterativ verbessert bzw. optimiert wird. Ein prinzipieller Ablauf von "Simulated Annealing" ist selbsterläuternd in Fig. 4 in Form eines Ablaufdiagrammes dargestellt.

Der kombinatorische Optimierungsalgorithmus wird so oft durchlaufen, d. h. die Anzahl und die Zuordnung der CDMA-Codes c1 ... 7 derart variiert, bis die Zielfunktion E bzw. die jeweils ein gewichtbares Ziel repräsentierenden Funktionskomponenten f1 ... 3 der Zielfunktion E optimiert sind und ein vorgegebenes Abbruchkriterium erreicht ist. Bei Erreichen des Abbruchkriteriums – beispielsweise Erreichen eines minimalen Endwertes der Zielfunktion E – wird die aktuelle Zuordnung zumindest eines Teils der zur Verfügung stehenden CDMA-Codes c1 ... 7 als Endergebnis gespeichert. In Fig. 5A ist beispielhaft die mit Hilfe des kombinatorischen Optimierungsalgorithmus ermittelte, endgültige, d. h. "optimale" Zuordnung von CDMA-Codes c1 ... 7 zu den Basisstationen BS1 ... 4 in Form einer Tabelle dargestellt. Gemäß der optimalen Zuordnung ist der ersten Basisstation BS1 der fünfte CDMA-Code c5, der zweiten Basisstation BS2 der erste CDMA-Code c1, der dritten Basisstation BS3 der fünfte CDMA-Code c5 und der vierten Basisstation BS4 der sechste CDMA-Code c6 zugeordnet. Die endgültige Zuordnung der CDMA-Codes c1,5,6 ist ebenfalls im in Fig. 5B abgebildeten Nachbarschaftsgraphen G dargestellt. In Fig. 5C ist die entsprechende Zielfunktion E basierend auf der ermittelten, "optimalen" Zuordnung der CDMA-Codes c1,5,6 zu den Basisstationen BS1 ... 4 dargestellt, wobei die Teilergebnisse der drei Funktionskomponenten f1 ... 3 der Zielfunktion E genauer erläutert sind. Der in Fig. 5C dargestellte und zugleich das Abbruchkriterium repräsentierende Endwert der Zielfunktion E = 3040 stellt hierbei den minimalsten, mit Hilfe des kombinatorischen Optimierungsalgorithmus ermittelten Wert dar – vergleiche Fig. 3C.

Durch das beschriebene Verfahren wurde der in Fig. 1A dargestellten Kommunikationsanordnung KA bzw. den im CDMA-Kommunikationsnetz angeordneten Basisstationen BS1 ... 4 eine minimale Anzahl unterschiedlicher CDMA-Codes c1 ... 7 zugeordnet – Zuordnung von nur drei unterschiedlichen CDMA-Codes c1,5,6 –, wobei benachbarte Basisstationen BS1 ... 4 bzw. Funkzellen Z1 ... 4 keine gleichen bzw. identische CDMA-Codes c1 ... 7 aufweisen und gleichzeitig die Summe der Kreuzkorrelationen kc1_1 ... kc7_7 der benachbarten Basisstationen BS1 ... 4 zugeordneten CDMA-Codes c1,5,6 einen minimalen Wert aufweist. Die das Endergebnis des erfahrungsgemäßen Verfahrens repräsentierende Zuordnung von CDMA-Codes gemäß Fig. 5A weist somit die geringsten gegenseitigen Störeinflüsse auf; diese Zuordnung gilt somit als optimal und wird in einem allgemein lesbaren Datenformat gespeichert. Vor teilhaft kann das gespeicherte Endergebnis durch weitere rechnergestützte Netzplanungswerzeuge weiterverarbeitet werden.

Zusätzlich können mit Hilfe des beschriebenen Verfahren auch Werte weiterer Übertragungsparameter wie z. B. Funk

frequenzen bzw. Frequenzbereiche den jeweiligen Zellen Z1 ... 4 der Kommunikationsanordnung KA zugeordnet werden.

Weiterhin kann das erfahrungsgemäße Verfahren auch bei einer Netzerweiterung, d. h. bei einem Hinzufügen weiterer Funkzellen bzw. Basisstationen – nicht dargestellt – zu einer bereits bestehenden Kommunikationsanordnung KA eingesetzt werden, wobei die bereits Basisstationen BS1 ... 4 zugeordneten Werte eines Übertragungsparameters – z. B. bereits zugeordnete CDMA-Codes c1 ... 7 – zugeordnet bleiben und nur den neu hinzugefügten Basisstationen mit Hilfe des kombinatorischen Optimierungsalgorithmus jeweils zumindest ein Wert des zumindest einen Übertragungsparameters – z. B. ein CDMA-Code c1 ... 7 bzw. CDMA-Basiscode zugeordnet wird. Bei einer Netzerweiterung wird beispielsweise ein gespeichertes, optimales Ergebnis einer Zuordnung eingelesen, sowie Basisstationen BS1 ... 4, denen bereits zumindest ein Wert des zumindest einen Übertragungsparameters zugeordnet ist, im Rahmen des Verfahrens mit einer Markierung versehen. Eine Markierung kann beispielsweise gemäß einer in Fig. 5B angedeuteten Ausstellungsvariante durch ein gesetztes Flag – z. B. gesetztes Bit – in einem Markierungs-Datenfeld mdf bzw. in einer Markierungs-Speicherzelle realisiert sein, welche jeweils einem Knoten K1 ... 4 des Nachbarschaftsgraphen G zugeordnet ist. Jedem Knoten K1 ... 4 des Nachbarschaftsgraphen G kann zusätzlich eine weitere Werte-Speicherzelle wdf zur Speicherung des zumindest einen zugeordneten Wertes des zumindest einen Übertragungsparameters – z. B. des zugeordneten CDMA-Codes c1 ... 7 – zugeordnet werden – vgl. Fig. 5B. Jedes einem Knoten K1 ... 4 bzw. einer Basisstation BS1 ... 4 zugeordnete Flag in einem Markierungs-Datenfeld mdf zeigt an, ob ein in der entsprechenden Werte-Speicherzelle wdf gespeicherter Wert im Verlauf des Verfahrens verändert werden darf. Beispielsweise werden bei einem Netzaufbau bzw. einer Erstzuordnung von Werten des zumindest einen Übertragungsparameters alle Markierungs-Datenfelder mdf gelöscht und somit jedem Knoten K1 ... 4 bzw. jeder Basisstation BS ... 4 zumindest ein Wert des zumindest einen Übertragungsparameters zugeordnet. Bei einer Netzerweiterung bzw. bei einem Hinzufügen weiterer Basisstationen zu einer bereits realisierten Kommunikationsanordnung KA werden die bereits zugeordneten Werte des zumindest einen Übertragungsparameters eingelesen bzw. geladen und die Flags in den Markierungs-Datenfeldern mdf entsprechend gesetzt. Durch das erfahrungsgemäße Verfahren werden die hinzugefügten Basisstationen wie bei einem Netzaufbau behandelt. Die bereits zugeordneten Werte des zumindest einen Übertragungsparameters bleiben vorteilhaft erhalten, da z. B. bereits an Basisstationen zugeordnete CDMA-Codes c1 ... 7 nur mit erheblichen Zeit- und Kostenaufwand vor Ort änderbar sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zuordnung zumindest eines Wertes (c1 ... 7) zumindest eines Übertragungsparameters (C) zu Zellen (Z1 ... 4) einer m Zellen aufweisenden Kommunikationsanordnung (KA),

- bei dem n unterschiedliche Werte (c1 ... 7) zumindest eines Übertragungsparameters (C) verfügbar sind,
- bei dem benachbarte Zellen (Z1 ... 4) erfaßt werden,
- bei dem jeder Zelle (Z1 ... 4) jeweils zufällig zumindest ein Wert (c1 ... 7) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) zugeordnet wird,
- bei dem für jeweils benachbarte Zellen (Z1 ... 4)

- 4) jeweils ein die gegenseitige übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) repräsentierender Störwert ($kc1_1 \dots kc7_7$) ermittelt wird,
 – bei dem ein die Summe aller ermittelten Störwerte repräsentierender Gesamtstörwert ermittelt wird,
 – bei dem die Anzahl der unterschiedlichen Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) und deren Zuordnung zu den jeweiligen Zellen ($Z1 \dots 4$) solange variiert wird, bis ein minimaler Gesamtstörwert erreicht ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 – daß zusätzlich für jeweils nicht benachbarte Zellen ($Z1 \dots 4$) jeweils ein die gegenseitige übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) repräsentierender weiterer Störwert ($kc1_1 \dots kc7_7$) ermittelt wird, und
 – daß der die Summe aller Störwerte repräsentierende Gesamtstörwert aus einer gewichtbaren Summe aller Störwerte ($kc1_1 \dots kc7_7$) und der weiteren Störwerte ($kc1_1 \dots kc7_7$) gebildet wird.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 daß bei Hinzufügen zumindest einer weiteren Zelle zu den m Zellen ($Z1 \dots 4$) der Kommunikationsanordnung (KA) die Zuordnung zumindest eines Wertes ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) derart erfolgt,
 – daß die den m Zellen ($Z1 \dots 4$) bereits zugeordneten Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) zugeordnet bleiben, und
 – daß die Anzahl der insgesamt den m Zellen ($Z1 \dots 4$) und der zumindest einen hinzugefügten Zelle zugeordneten, unterschiedlichen Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) und die Zuordnung zumindest eines Wertes ($c1 \dots 7$) zu der zumindest einen hinzugefügten Zelle solange variiert wird, bis ein minimaler Gesamtstörwert erreicht wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 – daß die Anzahl der Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) und deren Zuordnung zu den jeweiligen Zellen ($Z1 \dots 4$) mit Hilfe einer iterativen Optimierung variiert wird,
 – daß die Summe aller Störwerte eine ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente ($f3$) einer Zielfunktion (E) darstellt,
 – daß im Rahmen der iterativen Optimierung das gewichtbare Optimierungsziel der Zielfunktion (E) derart optimiert wird, daß die Summe aller Störwerte einen minimalen Gesamtstörwert und die Zielfunktion (E) einen optimalen oder minimalen Funktionswert erreicht.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
 – daß die Zielfunktion (E) eine weitere ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente ($f1$) aufweist, durch wel-

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

65

- che die Anzahl von allen Zellen ($Z1 \dots 4$) aktuell zugeordneten, unterschiedlichen Werten ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) erfaßt wird, und/oder
 – daß die Zielfunktion (E) eine weitere ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente ($f2$) aufweist, durch welche die Anzahl von jeweils benachbarten Zellen ($Z1 \dots 4$) aktuell zugeordneten, gleichen Werten ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) erfaßt wird, und
 – daß im Rahmen der iterativen Optimierung die gewichtbaren Optimierungsziele derart gewichtet werden und die Zielfunktion (E) derart optimiert wird,
 – daß den Zellen ($Z1 \dots 4$) eine minimale Anzahl unterschiedlicher Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) zugeordnet werden, und/oder
 – daß benachbarte Zellen ($Z1 \dots 4$) nach Möglichkeit keine gleichen Werte ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) aufweisen.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Wert ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) einer in einer Zelle ($Z1 \dots 4$) angeordneten, zentralen Kommunikationseinrichtung ($BS1 \dots 4$) zugeordnet wird.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein einer Zelle ($Z1 \dots 4$) zuordenbarer Wert ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) eine Übertragungsfrequenz oder einen Übertragungsfrequenzbereich repräsentiert.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein einer Zelle ($Z1 \dots 4$) zuordenbarer Wert ($c1 \dots 7$) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) einen im Rahmen eines CDMA-Vielfachzugriffsverfahren nutzbaren, orthogonalen oder nichtorthogonalen CDMA-Code repräsentiert.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
 – daß für die Ermittlung der jeweils die gegenseitige übertragungstechnische Beeinflussung der aktuell zugeordneten CDMA-Codes repräsentierenden Störwerte ($kc1_1 \dots kc7_7$) jeweils die Kreuzkorrelation der aktuell zugeordneten CDMA-Codes ermittelt wird, und
 – daß der Gesamtstörwert die Summe aller ermittelten Kreuzkorrelationen ($kc1_1 \dots kc7_7$) repräsentiert.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,
 – daß die Summe aller ermittelten Kreuzkorrelationen ($kc1_1 \dots kc7_7$) die das gewichtbare Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente ($f3$) der Zielfunktion (E) darstellt,
 – daß im Rahmen der iterativen Optimierung das gewichtbare Optimierungsziel der Zielfunktion (E) derart optimiert wird, daß die Summe aller Kreuzkorrelationen ($kc1_1 \dots kc7_7$) einen minimalen Gesamtwert erreicht.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
 – daß die Anzahl der zugeordneten, verschiedenartiger CDMA-Codes ($c1 \dots 7$) die weitere ein

- gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente (f1) darstellt, und/oder
- daß die Anzahl von jeweils benachbarten, zentralen Kommunikationseinheiten (BS1 . . . 4) aktuell zugeordneten, gleichartigen CDMA-Codes (c1 . . . 7) die weitere ein gewichtbares Optimierungsziel repräsentierende Funktionskomponente (f2) darstellt,
- 5
- daß im Rahmen der iterativen Optimierung die gewichtbaren Optimierungsziele der Zielfunktion (E) derart optimiert werden, daß den zentralen Kommunikationseinheiten (BS1 . . . 4) eine minimale Anzahl unterschiedlicher CDMA-Codes (c1 . . . 7) zugeordnet werden, wobei benachbarte, zentrale Kommunikationseinheiten (BS1 . . . 4) nach Möglichkeit keine gleichartigen CDMA-Codes (c1 . . . 7) aufweisen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die iterative Optimierung hinsichtlich einer Optimierung des zumindest einen Optimierungsziels der Zielfunktion (E) im Rahmen eines bekannten kombinatorischen Optimierungsverfahrens wie Simulated Annealing oder mit Hilfe neuronaler Netze oder durch genetische Algorithmen erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet,

 - daß den zentralen Kommunikationseinheiten (BS1 . . . 4) orthogonale und/oder Pseudo-Random CDMA-Codes (c1 . . . 7) zugeordnet werden, und

30

 - daß aus den zugeordneten CDMA-Codes (c1 . . . 7) weitere Kommunikationseinheit-spezifische CDMA-Codes abgeleitet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet,

 - daß bei einem Hinzufügen zumindest einer weiteren Zelle zu der Kommunikationsanordnung (KA) die bereits zugeordneten CDMA-Codes (c1 . . . 7) zugeordnet bleiben und
 - daß die Gewichtungen (k1 . . . 3) der Optimierungsziele der Zielfunktion (E) derart gewählt sind,

35

 - daß im Rahmen der iterativen Optimierung den weiteren Zellen nur eine minimale Anzahl der verfügbaren und noch nicht zugeordneten CDMA-Codes (c1 . . . 7) zugeordnet wird, wobei die Summe der ermittelten Kreuzkorrelationen (kc1_1 . . . kc7_7) einen minimalen Gesamtwert aufweist.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnung des zumindest einen Wertes (c1 . . . 7) des zumindest einen Übertragungsparameters (C) programmtechnisch realisiert wird.

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikationsanordnung (KA) durch ein zellulares, draht- oder leitungsgebundenes oder leitungsloses Kommunikationsnetz oder durch eine Kombination der genannten Kommunikationsnetze realisiert ist.

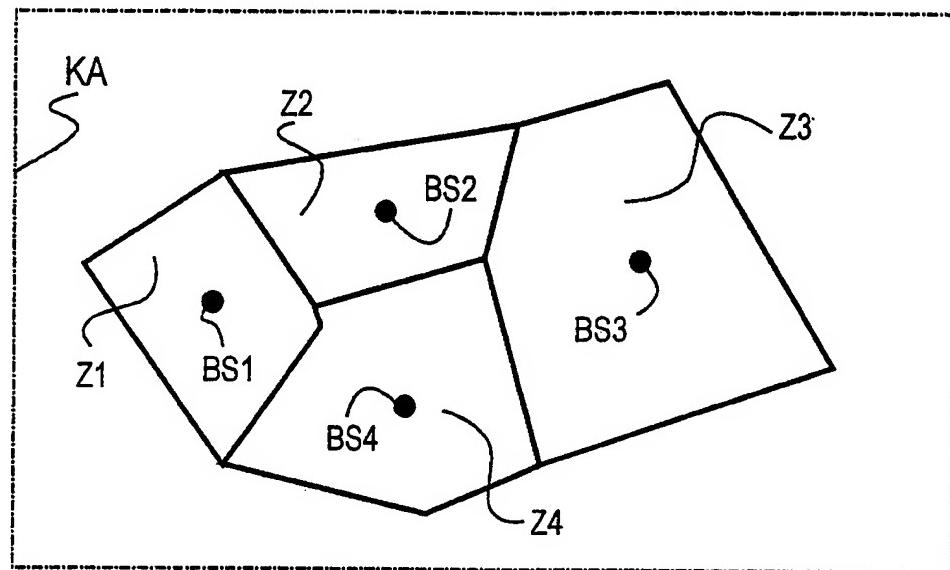
50
55
60

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1A

Netzplanungsergebnis:

**FIG 1B**

Nachbarschaftsgraph:

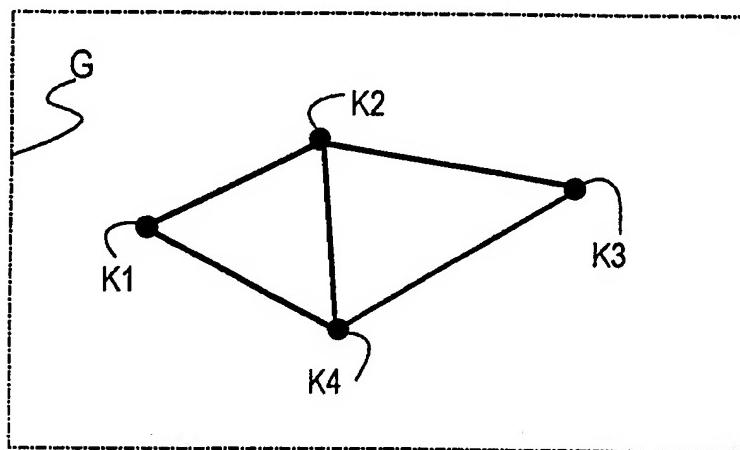


FIG 2A

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$$

CDMA-Codes	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7
c1	1.00	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	0.04
c2	0.01	1.00	0.01	0.00	0.05	0.10	0.08
c3	0.03	0.01	1.00	0.04	0.02	0.03	0.01
c4	0.02	0.00	0.04	1.00	0.04	0.04	0.03
c5	0.00	0.05	0.02	0.04	1.00	0.01	0.01
c6	0.02	0.10	0.03	0.04	0.01	1.00	0.00
c7	0.04	0.08	0.01	0.03	0.01	0.00	1.00

FIG 2B

$$E = k_1 * f_1 + k_2 * f_2 + k_3 * f_3$$

mit: $k_1 = 1000$
 $k_2 = 2000$
 $k_3 = 1000$

f1: Anzahl verwendeter CDMA-Codes

f2: Anzahl gleicher CDMA-Codes in benachbarten Zellen

f3: Summe über die Kreuzkorrelationen der CDMA-Codes
benachbarter Zellen

FIG 3A

Basisstation	CDMA-Code
BS1	c5
BS2	c6
BS3	c2
BS4	c2

FIG 3B

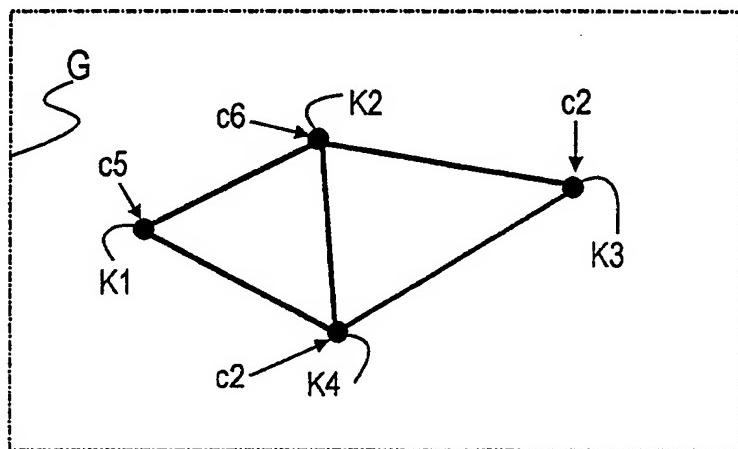


FIG 3C

$$\begin{aligned}
 E = & 1000 * 3 && (3 \text{ verwendete CDMA-Codes: } c2, c5, c6) \\
 & + 2000 * 1 && (1 \text{ CDMA-Code in benachbarten Zellen}) \\
 & + 1000 * 1,26 && (1,0 + 2*0,1 + 0,05 + 0,01)
 \end{aligned}$$

mit:

$$\begin{aligned}
 c2 \leftrightarrow c2 &\Rightarrow kc2_2: 1,0 \\
 c6 \leftrightarrow c2 &\Rightarrow kc6_2: 0,1 \\
 c5 \leftrightarrow c2 &\Rightarrow kc5_2: 0,05 \\
 c5 \leftrightarrow c6 &\Rightarrow kc5_6: 0,01
 \end{aligned}$$

$$= 6260$$

FIG 4

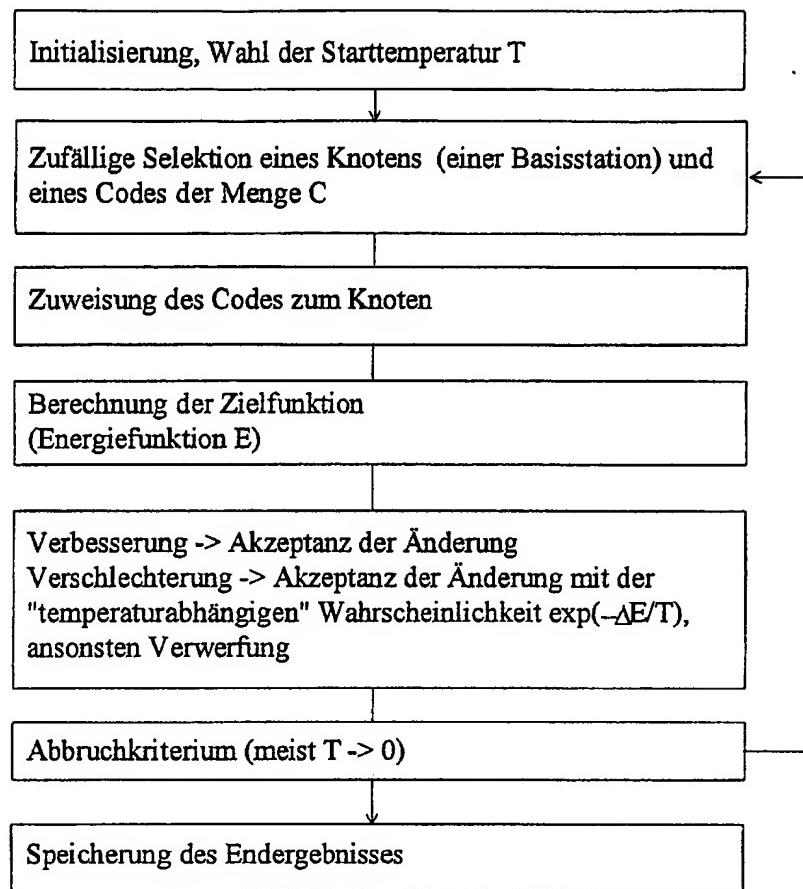


FIG 5A

Basisstation	CDMA-Code
BS1	c5
BS2	c1
BS3	c5
BS4	c6

FIG 5B

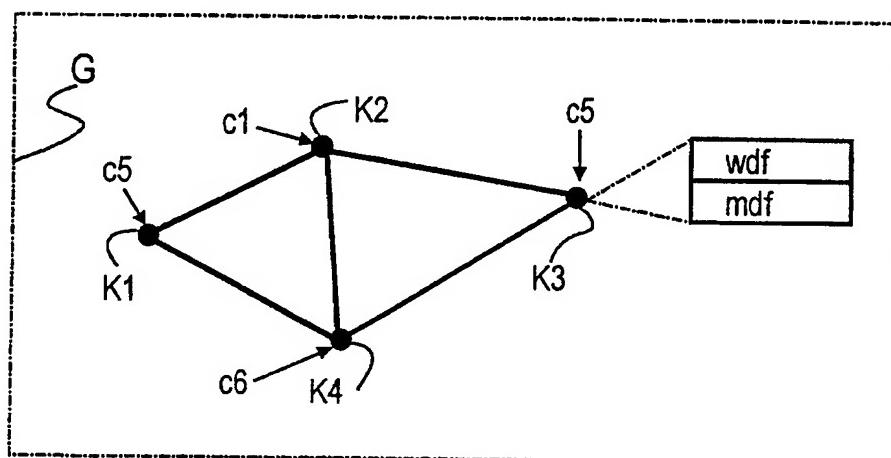


FIG 5C

$$\begin{aligned}
 E = & 1000 * 3 && (3 \text{ verwendete CDMA-Codes: } c1, c5, c6) \\
 & + 2000 * 0 && (\text{kein CDMA-Code in benachbarten Zellen}) \\
 & + 1000 * 0,04 && (2*0,0 + 2*0,01 + 0,02)
 \end{aligned}$$

mit: $c2 \leftrightarrow c5 \Rightarrow kc2_5: 0,0$
 $c5 \leftrightarrow c6 \Rightarrow kc5_6: 0,01$
 $c1 \leftrightarrow c6 \Rightarrow kc1_6: 0,02$

= 3040